

## МЕТОД РАСЧЕТА И ОПТИМИЗАЦИИ КАСКАДА ПРИ РАЗДЕЛЕНИИ СМЕСИ ИЗОТОПОВ С ПРИМЕСЯМИ

Одной из задач, представляющих практический интерес, является разделение изотопной смеси в присутствии примесей. Данная задача имеет особенности, затрудняющие применение известных методов расчета и оптимизации.

Предложен новый метод расчета и оптимизации каскада для разделения смеси изотопов с примесями. Разработанный подход позволяет проводить оптимизацию каскада при произвольном составе смеси и большой разнице масс разделяемых компонентов. Рассмотрены особенности его применения к задаче разделения бинарной смеси изотопов урана с примесями. Разработанный метод позволяет производить расчет каскада для двух путей попадания примесей в каскад разделения изотопов: наличия примесей в питающей изотопной смеси и натекании примесей в ступени каскада.

Исследованы свойства каскадов, оптимизированных по критерию минимума суммарного потока. Для проверки разработанной методики и исследования особенностей оптимизации были проведены расчеты каскадов, разделяющих бинарную смесь гексафторида урана  $UF_6$  с примесью. Молекулярная масса компонентов  $UF_6$  принималась равной 349 и 352, масса примеси изменялась от 100 до 500. Содержание ценного легкого компонента  $UF_6$  в питании каскада, подаваемом в одну из ступеней, задавалось равным 0,711%. Соответствующая концентрация примеси варьировалась от  $10^{-8}$  до  $10^{-1}\%$ . Коэффициенты разделения изотопов урана изменялись от 1,2 до 3, примеси – от  $10^{-3}$  до  $10^6$ .

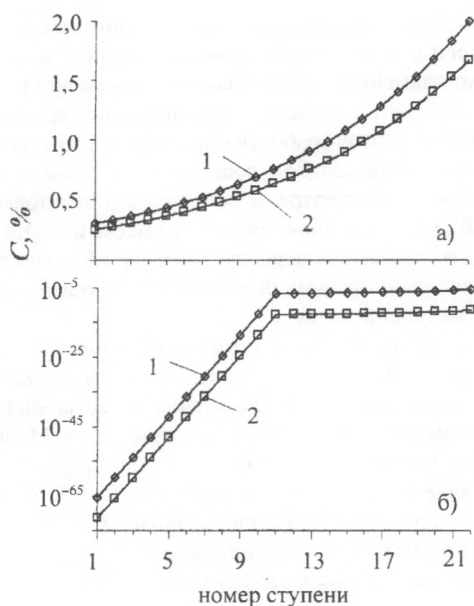
Расчеты показали, что состав и содержание примесей слабо сказываются на основных параметрах каскадов, оптимизированных при заданных внешних концентрациях  $UF_6$ . Суммарный поток питания и распределение потоков по ступеням примерно соответствуют оптимальным бинарным урановым каскадам. Это характерно и для концентраций изотопов урана в ступенях.

Изменение концентрации примеси по ступеням зависит от молекулярной массы. Если примесь легкая, то в обеднительной части каскада концентрация уменьшается к первой ступени в соответствии с заданным коэффициентом разделения ступеней. В отборной части ее увеличение незначительно. В случае тяжелой примеси характер изменения концентрации меняется: незначительный рост в обеднительной части и резкое уменьшение к отбору каскада.

На рисунке приведены характерные графики изменения концентраций ступеней по длине каскада. Оптимизация проводилась для трехпоточного каскада по критерию  $\sum_{i=1}^n L_i \rightarrow \min$  при потоке отбора  $F = 1$  г/с и заданных концен-

трациях легкого изотопа урана  $C_1^H = 0,25\%$  и  $C_1^P = 2\%$ . Коэффициенты разделения по ступеням принимались равными  $q_{13} = 1,2$  и  $q_{23} = 10^6$ . С учетом степен-

ной зависимости от разности молекулярной массы коэффициент разделения  $q_{23} = 10^6$  соответствует молекулярной массе примеси  $\sim 120$ . Концентрация примесей  $C_2^F = 10^{-6} \%$ .



Изменение концентрации целевого изотопа и примеси по ступеням

Выполнен анализ соответствия оптимальных каскадов с примесями R-каскадам с симметричными ступенями. Проведено сравнение с оптимальными каскадами без примесей. Показана возможность использования многокомпонентных потенциалов для оценки эффективности процесса разделения бинарной смеси изотопов с примесью.